13

Extrait des „Archives Néerlandaises" T. V.

LES MOUVEMENTS DE L'ŒIL ÉCLAIRÉS A L'AIDE DU PHÉNOPHTHALMOTROPE,

PAR

F. C. DONDERS.

Les mouvements de l'œil ont été étudiés avec beaucoup de soin, de sorte que leur mécanisme passablement compliqué est, en général, élucidé d'une manière satisfaisante. Nous connaissons les lois suivant lesquelles ces mouvements s'exécutent, et nous savons en outre dans quelles conditions se présentent certaines déviations à ces lois, déviations légères d'ailleurs et qui ne sont pas tout à fait semblables pour des yeux différents. Mais, en dépit de cette perfection relative de nos connaissances, ce point de doctrine est resté une pierre d'achoppement pour beaucoup d'ophthalmologistes. Dans nos livres, on ne saurait le nier, il règne à cet égard, et surtout au sujet de ce qu'on appelle le mouvement de roue, une certaine confusion, et dans l'enseignement, on voit les efforts les plus consciencieux pour donner une idée claire du mécanisme en question, échouer auprès d'un grand nombre d'auditeurs.

A diverses reprises, on a essayé de venir en aide à la faculté de représentation, au moyen de certains instruments qu'on a appelés ophthalmotropes. D'une manière générale, ces appareils ont pour but de rendre visible l'action des muscles de l'œil. Mais, ce qui importe avant tout, c'est qu'on se fasse une idée exacte des mouvements eux mêmes. C'est en cela que paraît résider la difficulté principale pour la plupart des personnes. Une fois qu'elles se rendent nettement compte des mouvements, elles

reconnaissent sans peine quels sont, dans la production de ces mouvements, les muscles qui se raccourcissent activement, et quels sont ceux qui s'allongent d'une manière passive. Pour ce motif, il m'a semblé utile de construire un instrument qui rendît sensibles, en premier lieu, les mouvements. On pourrait le distinguer des ophthalmotropes déjà connus, par le nom de phénophthalmotrope (de φαίνω rendre visible, ὀφθαλμός œil et τροπή action de tourner). Pour faire comprendre ses usages, nous passerons en revue les mouvements de l'œil, en les rattachant à la description de l'instrument.

Il fut un temps où l'on partait des muscles de l'œil, pour chercher à remonter de ceux-ci aux mouvements du globe oculaire. Les quatre muscles droits de l'œil étaient alors regardés comme suffisants pour donner toutes les directions voulues à la ligne de fixation, passant par le point de rotation et le point de mire dans l'espace, et l'on croyait que de cette manière toutes les conditions du problème étaient satisfaites. Il fallait donc trouver une autre fonction aux muscles obliques de l'œil. Au lieu d'une, on en découvrit deux. La cause du pouvoir d'accommodation n'était pas connue: on se demanda si les muscles obliques de l'œil ne seraient pas capables, par pression sur le globe oculaire, d'allonger l'axe visuel et de pourvoir ainsi à l'accommodation. Sans preuve aucune, on se contenta de cette solution réciproque de deux inconnues. Dans l'effet supposé, les muscles agissaient de concert. Mais on sut aussi assigner une tâche à leur action isolée. De la direction des muscles obliques on conclut qu'ils devaient être en état de faire tourner l'œil autour de l'axe optique, et, effectivement, M. Hueck crut avoir reconnu une pareille rotation pendant les mouvements d'inclination latérale de la tête: jusqu'à concurrence de 25 à 28°, l'inclination de la tête serait compensée, de chaque côté, par une rotation autour de l'axe optique, de sorte que les méridiens verticaux ne cesseraient pas de rester verticaux. Le premier rôle attribué aux muscles obliques de l'œil tomba de lui-même avec la découverte de la cause de l'accommodation, et la rotation autour de l'axe visuel ne put

se soutenir en présence du fait, facile à constater, qu'en inclinant la tête sur le côté, les images consécutives formées sur la rétine se déplacent dans la même direction et, certainement, à à peu près de la même quantité. L'idée heureuse de consulter les images consécutives pour se rendre compte de la position de l'œil, est due à M. Ruete, qui sut également assigner bientôt leur signification véritable aux muscles obliques. Il trouva, en effet, que le méridien vertical conserve sa position verticale, tant lorsque l'œil, tournant autour de l'axe transversal, se dirige directement en haut ou en bas, que lorsque, tournant autour de l'axe vertical, il se meut à droite ou à gauche dans un plan horizontal; mais qu'au contraire, quand l'œil se dirige en haut de côté, le méridien vertical s'incline de ce même côté, tandis que si l'œil se porte en bas de côté, ce méridien penche du côté opposé. Or, il est clair que si, en regardant directement en haut ou en bas, les seuls muscles actifs étaient les muscles droits supérieur et inférieur, dont la direction fait un angle d'environ 20° avec l'axe optique, le méridien prendrait une position oblique, et que cette obliquité ne peut être compensée que par le concours du muscle oblique inférieur avec le droit supérieur et du muscle oblique supérieur avec le droit inférieur. Dans l'un et dans l'autre cas, deux muscles agissent de concert et se soutiennent mutuellement sur l'axe transversal, tandis qu'ils se neutralisent sur l'axe visuel, et ce n'est que de cette manière que le méridien vertical peut garder sa position verticale quand les lignes de fixation se dirigent droit en haut ou droit en bas.

Dans cette méthode, comme on le voit, on commença par déterminer le mouvement de l'œil, pour en déduire ensuite l'action des muscles. C'est là, ainsi que je l'ai fait remarquer, la seule voie pouvant conduire à dévoiler le mécanisme d'un mouvement. Permis à l'anatomiste de se demander, en faisant la description d'un muscle, quel mouvement résulterait de la contraction de ce muscle s'il se présentait réellement isolé; — la tâche du physiologiste est d'étudier les mouvements eux-mêmes, pour rechercher ensuite quels sont, dans le nouvel état d'équilibre, les

muscles allongés ou raccourcis, et à quelle tension ils se trouvent soumis. M. Hueck avait cru s'être assuré de l'existence du mouvement de roue, dans l'inclination latérale de la tête, par le changement de direction des vaisseaux visibles de la conjonctive. A cela j'objectai que, dans les expériences de M. Hueck, les lignes de fixation, pour continuer à se porter sur un même point rapproché de l'observateur, devaient changer de direction par rapport à la tête, et que l'inclination qui en résultait pour les méridiens verticaux pouvait simuler un mouvement de roue. Une expérience qui me semble tout à fait décisive, est celle où l'œil se contemple lui-même dans un petit miroir tenu entre les dents, et voit alors, à chaque mouvement de la tête, les vaisseaux de la conjonctive et les points visibles de l'iris conserver invariablement la même position par rapport aux paupières, aux angles de l'œil et aux lignes du visage. Je reconnus en outre, en faisant usage des images consécutives d'un ruban vertical, que, pour chaque direction déterminée de la ligne de fixation, relativement à la tête en position verticale, et quels que fussent les détours employés pour arriver à cette direction, la situation du méridien vertical, et par conséquent celle de l'œil tout entier, restait invariablement la même.

La loi ainsi trouvée est formulée par M. Helmholtz, qui lui donne le nom de loi de Donders, de la manière suivante: „L'angle du mouvement de roue de chaque œil n'est, en cas de parallélisme des lignes visuelles, fonction que de l'angle ascensionnel et de l'angle de déplacement latéral."

On voit que M. Helmholtz, pour déterminer la position de l'œil, introduit un angle de mouvement de roue. Plus loin nous reconnaîtrons ce que M. Helmholtz entend par cette expression. Quant à moi, je crus devoir l'éviter, parce que le mouvement de roue ne me paraissait pas démontré, — et, en effet, d'après la loi de Listing, il ne peut être question d'un véritable mouvement de ce genre dans le passage de la position primaire à une position secondaire, quelle que soit celle-ci. Il me sembla que par l'inclinaison du méridien vertical primitif, dans la situation

normale de la tête, la position de l'œil était déterminée tout aussi bien, et en accord avec la direction des images consécutives. Dans mon Mémoire, j'arrivai à la conclusion que les méridiens verticaux s'inclinent d'autant plus que, pour une même élévation ou un même abaissement, le regard se porte plus de côté, et aussi d'autant plus que, pour une même déviation latérale, le regard se meut davantage vers le haut ou vers le bas. Plus tard j'exécutai, d'après une méthode que j'avais développée dans mon Mémoire [1]), un grand nombre de mesures de l'écart de la position verticale, tel qu'il correspond à chaque direction de la ligne de fixation; mais, comme je ne réussis pas à ramener ces écarts à une loi déterminée, cette seconde partie de mon travail ne fut pas publiée. D'autres ne furent pas plus heureux que moi dans leurs tentatives. C'est par une voie différente que la vérité se fit jour: une loi fut énoncée à priori; il ne fut pas difficile de la soumettre au contrôle de l'expérience, et il se trouva heureusement qu'elle résistait à cette épreuve.

Le principe posé hypothétiquement par M. Listing [2]) s'énonce ainsi: „Lorsque l'œil passe de la position normale (primaire) à une position secondaire quelconque, on peut se représenter ce changement de position comme le résultat d'une rotation autour d'un axe déterminé, lequel, passant par le centre de l'œil, serait toujours à la fois perpendiculaire à la direction primaire et à la direction secondaire de l'axe optique; par conséquent, chaque position secondaire se trouve par rapport à la position primaire dans la relation *en vertu de laquelle la rotation projetée sur l'axe optique est* = 0."

M. Meissner trouva les résultats de ses recherches conformes à cette loi; mais c'est de nouveau à M. Helmholtz que nous devons l'expérience simple par laquelle chacun peut se convaincre de l'exactitude du principe. Cette expérience repose sur l'emploi

---

[1]) *Holländische Beiträge zu den anatomischen und physiologischen Wissenschaften*, 1846, T. I, p. 135.

[2]) Communiqué d'abord par M. Ruete, *Lehrbuch der Ophthalmologie*, 2e édit., Braunschweig, 1853, T. I, p. 36.

des images consécutives. Nous avons vu plus haut que l'image consécutive d'un ruban vertical reste verticale lorsque, la tête conservant la position normale, nous élevons et abaissons le regard dans un plan vertical, c'est-à-dire, dans la direction du ruban. Or ceci est vrai, non-seulement d'un ruban vertical, mais aussi d'un ruban ayant une autre direction quelconque: il suffit qu'on fasse mouvoir l'œil de telle sorte, que la ligne de fixation et le ruban tendu se trouvent dans le même plan. En traçant sur un mur des rayons, partant d'un centre autour duquel peut tourner un ruban de couleur claire, on pourra faire coïncider celui-ci successivement avec chacun des rayons: après avoir fixé le ruban de l'œil, dans la position verticale de la tête, on verra alors, chaque fois, l'image consécutive suivre le rayon lorsque le regard se meut suivant sa direction, tandis que, si le regard se promène le long d'un autre rayon, l'image s'en écartera constamment. Ce résultat implique l'exactitude de la loi de Listing. L'expérience montre en effet, que le méridien dans lequel est situé le ruban conserve sa direction quand la ligne de fixation se meut dans le plan de ce méridien. Ce méridien tourne donc, dans ce cas, autour d'un axe qui le coupe perpendiculairement, savoir, au centre de rotation lui-même. En d'autres termes, l'œil, en passant de la position primaire à la position secondaire, tourne autour d'un axe perpendiculaire au plan qui comprend les lignes de fixation primaire et secondaire: c'est là la loi de Listing.

C'est cette loi qu'il faut maintenant, en premier lieu, rendre sensible par le phénophthalmotrope.

Dans cet instrument (Planche, fig. 1, vu de côté, en perspective), le globe oculaire O tourne avec l'anneau R R (dont il sera question plus loin) dans l'anneau R′; dans la position figurée, l'axe autour duquel se fait cette rotation est horizontal et montre une de ses extrémités en *a′*. La ligne de fixation se meut donc dans un plan vertical, en s'élevant ou s'abaissant. L'axe *a′* porte un petit disque circulaire pourvu d'un arc gradué *g′*; l'index *i′*, qui dans la figure marque 0°, est fixé sur l'anneau R′ par deux

vis s, s'. Lorsque le globe oculaire tourne autour de l'axe a', on peut donc lire sur g' la valeur angulaire de cette rotation.

Dans l'anneau r, placé en avant du globe occulaire, peuvent être vissées deux tiges minces $k\,k$; elles sont mobiles avec l'anneau r autour de la ligne de fixation, et l'index i° indique sur le limbe divisé g° de combien elles ont tourné. Dans la position que l'instrument occupe ici, la direction verticale des tiges correspond à 0°. Ces tiges représentent le méridien vertical. Quand l'œil tourne autour de l'axe transversal a', le méridien conserve sa position verticale. Ainsi la ligne de fixation se meut dans un plan vertical, quand l'œil se porte directement en haut ou directement en bas. Cela ne demande aucune autre explication.

On peut maintenant donner à l'instrument une position différente. Dans la figure 1, la poignée S, qui est assujettie à l'anneau R′, est placée tout en haut. Mais, à l'aide de cette poignée, on peut donner à l'anneau R′ toute autre direction dans le plan vertical de l'anneau R″. L'index i'' marque alors sur le bord gradué g'' la quantité de cette rotation, laquelle, dans la fig. 2, s'élève à 45°. Il est clair que l'axe $a'\,a'$ est entraîné dans le mouvement de l'anneau R′; la figure 2 montre le phénophthalmotrope après que ce mouvement a eu lieu, et lorsque, en outre, l'œil a déjà tourné autour de l'axe $a'\,a'$ dans sa nouvelle position. Avant cette rotation, les tiges $k\,k$, qui avaient suivi l'inclination de la poignée S, ont été placées de nouveau verticalement, ce qui a eu pour effet de faire marquer à l'index i° le meme nombre de degrés que marquait l'index i''. La position des tiges représente celle du méridien vertical de l'œil. L'œil peut donc être considéré comme s'il n'avait pas été tourné, à l'aide de la poignée S, dans l'anneau extérieur: tout se passe comme si l'œil vivant, resté dans la position primaire, se disposait seulement à regarder obliquement en haut ou obliquement en bas. Dans la figure 2, comme il a été dit, ce mouvement est déjà exécuté, et, par suite de la rotation autour de l'axe $a'\,a'$, la ligne de fixation s'est dirigée à droite et en haut. La quantité dont elle a tourné autour de cet axe est de nouveau marquée

par l'index i', et s'élève, dans la figure 2, à 45°. Dans le cas que nous avons choisi pour exemple, l'œil a donc tourné de 45° vers le haut, autour d'un axe $a' a'$ incliné de 45° sur l'axe horizontal. En tournant la poignée S, on peut donner à cet axe $a' a'$ toutes les inclinaisons qu'on désire et, par suite, faire mouvoir la ligne de fixation, de sa position primaire, dans toutes les directions, toujours autour d'axes invariablement situés dans le plan de l'anneau R″, lequel coïncide à peu près avec l'équateur de l'œil [1]). Telle est l'illustration de la loi de Listing.

En partant de la position primaire, qu'on établit chaque fois de nouveau en plaçant les tiges verticalement, nous faisons toujours mouvoir la ligne de fixation de telle sorte qu'elle se rapproche ou s'éloigne directement de la poignée S, laquelle reste par conséquent, avec les positions primaire et secondaire de la ligne de fixation, dans le méridien qui, durant cette rotation, conserve invariablement sa situation primitive. Les images consécutives de lignes situées dans ce méridien doivent donc aussi, évidemment, rester en coïncidence, pendant la rotation, avec les images directes d'objets placés dans ce même méridien. C'est ainsi que le phénophthalmotrope éclaire la démonstration donnée par M. Helmholtz de l'exactitude de la loi de Listing. Si nous avions laissé aux tiges la direction de la poignée, elles seraient restées, durant la rotation, dans le méridien immobile.

Mais le méridien vertical, est-il aussi resté vertical pendant cette rotation? C'est précisément pour pouvoir en juger que nous avons mis, avant la rotation, les tiges dans la position verticale; or, le résultat de l'expérience montre que ce méridien a réellement cessé d'être vertical, qu'il incline visiblement du côté droit, — tout comme l'image accidentelle d'un ruban vertical, lorsque nous regardons en haut à droite. Le phénophthalmotrope nous permet donc encore de retrouver le changement de position

---

[1]) Le centre du mouvement (le point de rotation) est situé un peu en arrière du centre de l'œil; l'anneau R′ se trouve donc un peu derrière l'équateur, dans un plan parallèle à celui-ci.

du méridien vertical, tel qu'on l'avait constaté par l'observation des images consécutives.

Il est facile, en outre, d'évaluer en degrés l'inclinaison qu'a prise le méridien vertical: pour cela, on n'a qu'à chercher de combien de degrés se déplace l'index i°, lorsque les tiges *k k* sont ramenées dans un seul et même plan vertical avec la ligne de fixation. Cette opération peut s'exécuter avec précision, en munissant d'un réticule le canal axial du globe oculaire, puis visant par ce canal un fil vertical suspendu, avec lequel on fait coïncider les tiges.

Pour arriver, dans ces expériences, à bien se rendre compte du mouvement de son propre organe, il est bon de placer l'un ou l'autre de ses yeux directement derrière le phénophthalmotrope, après avoir préalablement disposé celui-ci à la hauteur convenable. Il est aisé alors de suivre tous les mouvements, de se représenter clairement les positions correspondantes de l'axe de rotation, et de saisir les rapports entre ces mouvements et les expériences relatives aux images consécutives.

Rappelons encore une fois, que tous les axes autour desquels l'œil tourne, lorsqu'il passe de la position primaire à la position secondaire, s'obtiennent par la rotation de l'anneau R′ dans R″, et que tous par conséquent sont situés dans l'équateur. Tous ces axes sont donc perpendiculaires à la ligne de fixation; par suite, il ne peut être question ici d'une rotation autour de la ligne de fixation, d'un mouvement de roue. C'est, comme l'exprime la formule donnée par M. Ruete à la loi de Listing: „une relation en vertu de laquelle la rotation projetée sur l'axe optique est = 0."

On doit donc se demander: en quel sens M. Helmholtz parle-t-il ici de mouvement de roue? Or, cette question aussi est parfaitement élucidée par le phénophthalmotrope. M. Helmholtz part, dans l'analyse des mouvements oculaires, d'un plan fixe situé dans l'œil, l'*horizon rétinien*, lequel, pour la position normale de la tête, coïncide avec le plan de fixation dirigé sur l'horizon infiniment éloigné: c'est donc le méridien horizontal du phénophthalmotrope, lorsque tous les index sont pointés sur 0° (fig. 1).

La direction que la ligne de fixation a obtenue en réalité par rotation autour d'un axe oblique (l'axe $a' a'$ dans la fig. 2), M. Helmholtz la fait résulter — le point de départ étant la position primaire — de deux rotations différentes, réalisables toutes les deux dans le phénophthalmotrope, savoir: 1°. une rotation autour de l'axe transversal $a' a'$ (angle ascensionnel de M. Helmholtz) par laquelle la ligne visuelle est portée en haut ou en bas, 2°. une rotation autour de l'axe $a\, a$ (angle de déplacement latéral de M. Helmholtz) par laquelle la ligne visuelle est dirigée de côté. Ce second axe $a\, a$ se trouve sur l'anneau R, et l'angle latéral se lit sur le limbe gradué g, de même que l'angle ascensionnel sur le limbe g': remarquons que l'axe $a\, a$, qui est perpendiculaire à l'horizon rétinien, change de direction avec cet horizon lors de la rotation préalable autour de l'axe $a' a'$, mais en restant toujours dans le même plan vertical. Lorsque maintenant, par rotation autour des axes $a\, a$ et $a' a'$, on a donné à la ligne de fixation une direction identique à celle qui, dans la figure 2, a été obtenue, suivant la loi de Listing, par rotation autour de l'axe $a' a'$, incliné de 45°, on trouve que le méridien vertical a pris une inclinaison différente. Il penche encore plus vers le côté droit. Pour arriver à la position que l'œil, en tournant d'après la loi de Listing, prend effectivement, il faut donc ajouter encore un troisième mouvement, savoir, une rotation autour de l'axe visuel, un mouvement de roue, — de droite à gauche dans le cas supposé.

Cette analyse détermine rigoureusement la position des yeux et des lignes de fixation par rapport à la tête, et elle se prête très bien à l'application du calcul. Mais on doit la considérer comme une fiction mathématique, non comme une réalité physiologique. Dans la rotation autour d'un axe oblique, selon la loi de Listing (fig. 2), il n'y a pas plus de mouvement de roue, c'est-à-dire de rotation autour de l'axe de fixation, que dans les rotations successives autour des axes $a\, a$ et $a' a'$ (en partant de la position représentée fig. 1): toutes ces rotations, en effet, s'exécutent autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de fixation.

Nous n'avons à admettre un mouvement de roue que dans les cas où l'œil s'écarte des lois de Donders et de Listing.

Du reste, le phénophthalmotrope nous permet de rendre visible et de mesurer en degrés, pour chaque position, le mouvement de roue, au sens qu'y attache M. Helmholtz. En faisant tourner la poignée S, on donnera à l'axe *a' a'* une direction quelconque (marquée sur *g'*), puis on placera *k k* verticalement et on imprimera à l'œil une rotation arbitraire autour de *a' a'* (marquée sur *g'*). On déterminera alors (V. page 63) de combien de degrés le méridien vertical s'est incliné à droite ou à gauche par suite de cette rotation conforme à la loi de Listing, et, visant par le canal axial, on notera le point de l'espace sur lequel la ligne de fixation se trouve dirigée. Ensuite, on ramènera l'œil dans la position primaire, la poignée placée tout en haut, et l'axe *a' a'* par conséquent horizontal; on rendra la ligne *k k* de nouveau verticale, puis, visant par le canal axial et faisant tourner à la fois autour des axes *a a* et *a' a'*, on dirigera la ligne de fixation sur le même point de l'espace auquel elle répondait dans l'expérience précédente. On s'apercevra immédiatement que *k k* s'est éloignée de la position verticale plus que dans le premier cas, et on déterminera de nouveau l'inclinaison, en ramenant dans le plan vertical et prenant l'indication du cadran *g*². La différence d'inclinaison, qu'on aura trouvée ainsi entre les deux cas, est le mouvement de roue de M. Helmholtz: les chiffres s'accordent avec ceux du tableau donné par ce savant [1]). Ceci éclaircit en outre un point qui était resté obscur aux yeux de beaucoup de personnes, savoir, comment M. Helmholtz pouvait parler, par exemple, d'un mouvement de roue de droite à gauche lorsqu'on fixe à droite en haut, bien que, dans ce cas, le méridien vertical s'incline à droite, ainsi que le prouve l'observation de l'image consécutive; c'est que, comme nous l'apprend la comparaison des deux expériences décrites ci-dessus, le méridien vertical aurait pris une inclinaison à droite encore plus considérable,

[1]) *Physiologische Optik*, p. 467.

si la direction secondaire de l'axe de fixation avait été obtenue par rotation autour des seuls axes *a a* et *a' a'*.

Nous avons maintenant encore à examiner comment M. Helmholtz détermina directement, à l'aide des images consécutives, le mouvement de roue qu'il introduisait dans son analyse du phénomène. La signification et la légitimité de cette analyse ressortiront alors d'une manière encore plus évidente.

M. Helmholtz part, comme nous l'avons déjà dit, d'un plan fixe dans l'œil, l'horizon rétinien. Un ruban horizontal, tendu dans ce même plan sur une paroi verticale, forme son image rétinienne dans cet horizon. Quand l'horizon rétinien pivote autour de l'axe *a' a'*, il continue à couper la paroi suivant des lignes horizontales, et l'image consécutive, à quelque hauteur qu'elle se transporte, continue par conséquent à coïncider avec des lignes horizontales tracées sur la paroi: le phénophthalmotrope met cela immédiatement en évidence, lorsqu'on a tourné l'anneau *r* de manière à donner aux tiges *k' k'* une direction horizontale. Mais que l'on fasse pivoter maintenant autour de l'axe *a a* (angle de déplacement latéral): les tiges *k' k'* abandonnent alors la position horizontale (si l'angle ascensionnel pouvait atteindre 90°, elles tourneraient même dans un plan vertical, de manière à s'écarter d'un degré entier de la direction horizontale pour chaque degré de rotation); mais, en regardant par le canal axial, on reconnaît que, projetées sur la paroi, elles continuent à coïncider parfaitement avec les lignes horizontales qui y sont tracées. Cela provient de ce que, dans la rotation autour de *a a*, l'horizon rétinien reste exactement dans le même plan, vu qu'il est perpendiculaire à *a a*; il doit donc continuer à passer par le prolongement de la ligne horizontale, qui est aussi située dans ce même plan. Le phénophthalmotrope nous fait voir cela très clairement. Mais, d'un autre côté, on trouve que l'image consécutive d'un ruban horizontal ne continue pas, quand le regard se porte latéralement vers le haut ou vers le bas, à coïncider avec des lignes horizontales tracées sur la paroi; par rapport à celles-ci, l'horizon rétinien, quand on regarde vers le haut, a tourné en sens opposé.

Il y a donc eu, dit M. Helmholtz, un mouvement de roue en sens opposé, et c'est là précisément le mouvement de roue que son analyse demande.

Il est facile en effet de se convaincre que si, lorsqu'on regarde obliquement en haut, l'image consécutive d'un ruban vertical s'écarte du même côté par rapport à des lignes verticales, l'image consécutive d'un ruban horizontal dévie au contraire en sens opposé par rapport à des lignes horizontales. Les deux lignes pleines perpendiculaires entre elles *c v* et *c h* (fig. 1), qui représentent deux rubans de couleur claire tendus sur la paroi, étant fixées par l'œil dans la position primaire au point *c*, compris dans l'horizon rétinien, montrent, lorsqu'on les projette à droite en haut, leurs images consécutives dans la direction des deux lignes pointillées *c v'* et *c h'*: dans ce mouvement ascensionnel de l'œil, l'image consécutive du ruban vertical a donc dévié du même côté; celle du ruban horizontal, du côté opposé. Il n'est pas nécessaire de chercher beaucoup pour trouver l'explication de ce fait. Une ligne verticale coïncide avec toute autre ligne verticale sur laquelle on la projette, quelle que soit d'ailleurs la place que ces deux lignes occupent l'une par rapport à l'autre ou par rapport à l'œil. Mais, pour les lignes horizontales, il en est tout autrement: une ligne horizontale, qui s'éloigne de nous, est vue montante quand elle est située plus haut que notre œil, descendante, quand elle est située plus bas. Dans une projection du champ visuel, — chaque dessin, chaque photographie peut nous l'apprendre, — toutes les lignes verticales restent verticales, et toutes les lignes horizontales prennent une inclinaison, dépendante de la direction et de la hauteur que les lignes affectent dans l'espace, relativement à l'œil. D'après cela, une ligne horizontale, tracée à un niveau supérieur à celui de notre œil, sur une paroi verticale et parallèle au plan de notre visage, est vue descendante, et c'est par

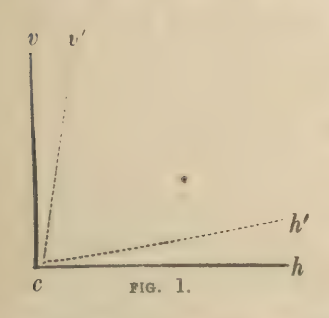


FIG. 1.

rapport à cette projection que l'image consécutive d'une ligne horizontale, qui avait été vue dans le plan de la position primaire et par conséquent non descendante, montre une déviation de *h* en *h'*, fig. 1, — opposée à celle qui déplace de *v* en *v'* l'image consécutive d'un ruban vertical. Qu'on projette l'image consécutive d'une ligne horizontale sur une surface telle que tous les points d'une ligne horizontale s'y trouvent placés à la même distance de l'œil, et la différence de déviation des images consécutives horizontales et verticales aura disparu. Cette condition serait remplie dans tous les cas, si l'œil était situé au centre d'une sphère ou sur l'axe d'une chambre de forme cylindrique, et s'il projetait sur la paroi de cette sphère ou de cette chambre [1]). Mais il suffit déjà que le plan vertical, dans lequel se trouve la ligne visuelle lors de la projection, soit perpendiculaire à la paroi. Donc, si l'on a deux parois verticales, dont *w* et *w'* (fig. 2) soient les sections, et si l'œil *o*, dans sa position primaire, fixe sur la paroi *w* le point de croisement *c* des rubans *v* et *h*, la projection des images consécutives sur la paroi *w'*, perpendiculaire au plan qui passe par la ligne de fixation *o w'*, montrera ces images déviées toutes les deux dans le même sens (fig. 3). Et si l'on se trouve dans une chambre carrée, de sorte que l'angle *x* soit un angle droit, la projection sur *w'*, au voisinage de l'angle *x*, donnera à *h* une déviation non-seulement de même sens, mais encore plus grande que celle de *v*, parce que des lignes horizontales, tracées sur *w'*, se rapprochent de l'œil à partir de l'angle *x*. L'expérience est très frappante lorsque l'image consécutive d'un assez long ru-

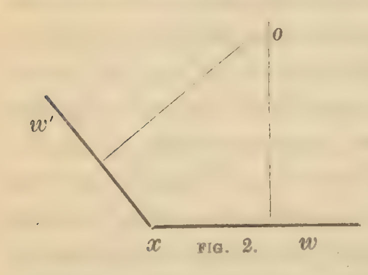


FIG. 2.

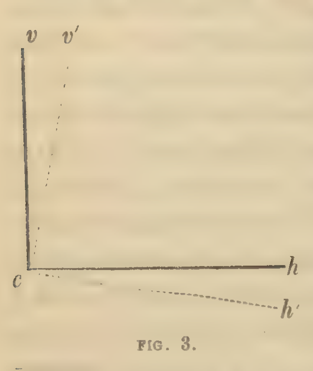


FIG. 3.

[1]) Les génératrices et les lignes horizontales d'un cylindre, dont l'axe passe par le centre d'une sphère, coïncident, vues de ce centre, avec les méridiens et les parallèles de la sphère.

ban horizontal, dont l'œil a fixé le milieu dans la position primaire, est projetée, dans une pareille chambre carrée, sur l'angle x, de façon qu'elle tombe en partie sur w et en partie sur w': en w l'image consécutive s'élève alors relativement à la ligne horizontale, tandis qu'en w' elle s'abaisse fortement.

Ce que les images consécutives viennent de nous montrer, on peut l'imiter facilement à l'aide du phénophthalmotrope. Les expériences peuvent se faire, soit séparément avec des tiges verticales $k\,k$ et avec des tiges horizontales $k'\,k'$, soit simultanément, en vissant des tiges égales en u et u', d'où résulte une croix (comme dans la fig. 2), ou en se bornant à deux tiges $k\,k'$, placées à angle droit l'une par rapport à l'autre. Si on regarde alors par le canal axial, on voit ces tiges se projeter, sur une paroi quelconque, dans la même direction où s'y montrent les images consécutives.

Le lecteur aura sans doute reconnu que, pour se représenter les mouvements de l'œil, on peut à volonté partir, avec M. Helmholtz, de l'horizon rétinien, ou, avec moi, du méridien vertical. Le méridien vertical me semble préférable en ce sens que, toutes les lignes verticales se projetant rigoureusement l'une sur l'autre, quelle que soit leur situation par rapport à l'œil, il rend peut-être la représentation plus simple et plus facile.

J'ai encore à ajouter quelques détails au sujet du phénophthalmotrope considéré comme instrument. Il est exécuté [1]) en grand et en petit modèle; le premier convient particulièrement pour les démonstrations.

Tout l'instrument est en cuivre; dans le petit modèle seulement, le globe oculaire proprement dit est fait de bois de buis. Il est soutenu sur une colonne en cuivre D, qu'un tirage permet d'allonger ou de raccourcir, pour amener l'appareil à la hauteur de l'œil de l'observateur, quand on veut regarder par le canal axial; le tout repose sur un large pied. A la place du canal axial, on peut adapter en avant une lentille et en arrière un

---

[1]) Par M. Olland, mécanicien à Utrecht.

verre dépoli, sur lequel est dessiné une croix; on peut alors comparer avec cette croix la position des images dioptriques que forment sur le verre dépoli des lignes verticales et horizontales vues dans diverses directions.

On construit aussi des phénophthalmotropes plus simples, auxquels manque la rotation autour de l'axe *a a*, de sorte qu'ils reproduisent seulement les mouvements d'après la loi de Listing, mais non l'analyse de ces mouvements d'après Helmholtz. Cette simplification offre l'avantage que le globe oculaire devient alors mobile, dans l'anneau interne R, autour de l'axe de fixation; on peut donc, après avoir fait tourner la poignée S, ramener toujours dans la position verticale un seul et même méridien fixe du globe oculaire, ce qui permet d'assigner aussi, sur ce globe, des points d'insertion fixes aux muscles. Cela peut servir, en cas de besoin, à mieux se représenter, pour chaque position de l'œil, la situation des muscles et, par suite, la part qu'ils ont prise au mouvement.

Le phénophthalmotrope donne les mouvements tels qu'ils résultent des lois de Donders et de Listing. Mais, comme nous l'avons déjà fait remarquer en commençant, l'œil n'obéit pas à ces lois d'une manière parfaite.

En premier lieu, il est connu que, même dans la position primaire, les images de lignes verticales, formées sur les deux rétines, ne sont pas projetées au dehors exactement l'une sur l'autre; d'où il suit que, dans cette position, les méridiens verticaux ne coupent pas les deux rétines en des points rigoureusement correspondants. On n'a pas besoin d'appareils compliqués pour se convaincre de ce fait. Il suffit d'un prisme, qu'on tient, l'angle tourné en haut, devant l'un des deux yeux: une ligne verticale montre alors un léger coude au point où la vision par l'un des yeux passe à la vision par l'autre. Mais il n'est pas même nécessaire de recourir à un prisme. Quand les yeux se fixent dans la position primaire sur un fil vertical, même suspendu à une grande distance, on remarque très distinctement que vers le haut et vers le bas il se sépare en images doubles. Si alors, les

yeux étant tenus constamment ouverts, on fait glisser un petit écran noir (au besoin, la main) alternativement devant l'un et devant l'autre œil, on constate que les images inclinent l'une vers l'autre. En alternant avec prestesse, et jetant aussi de temps en temps un rapide coup d'œil avec les deux yeux à la fois, on obtient facilement que l'œil caché derrière l'écran reste bien fixé, de manière qu'il n'ait pas à se déplacer latéralement au moment où on le découvre, ce qui rendrait le jugement moins net. Cette difficulté est levée complétement si, les deux yeux étant fixés sur le fil, on se borne à en couvrir un seul; bien que l'effet soit alors moitié moindre qu'en interceptant alternativement la vue des deux yeux, on voit clairement le fil incliner un peu vers le côté opposé, — et cette apparence, une fois produite, ne se dissipe même pas très facilement. Dans la vision binoculaire, nous combinons en une image verticale les deux images également inclinées l'une vers l'autre. Pour cette raison, les expériences concernant les images consécutives, bien que pouvant se faire binoculairement, rèussissent pourtant mieux, surtout en cas de convergence, lorsqu'un des yeux est tenu couvert. Par l'effet de cette convergence, ainsi que MM. Meissner et Volkmann l'ont fait voir, l'inclaison réciproque des images verticales s'accuse davantage: c'est là une première dérogation aux lois générales. En outre, comme nous l'a appris M. Helmholtz, ces lois ne sont pas rigoureusement applicables aux limites extrêmes du champ de fixation, où les irrégularités ne manquent pas. Enfin, dernièrement, M. Javal a observé chez des astigmatiques, en cas d'inclination latérale de la tête, une petite rotation autour de l'axe visuel „de sorte que," comme s'exprime M. Helmholtz, „la position de l'œil n'est pas indépendante de celle de la tête aussi rigoureusement que l'affirme la loi de Donders [1])."

---

[1]) Voyez: Helmholtz, *Optique physiologique*, p. 671, Paris, 1867, trad. par E. Javal et N. W. Klein. En un autre endroit (Astigmatisme, Voyez Wecker, *Traité théorique et pratique des maladies des yeux*, T. II, p. 828, Paris, 1869),

Toutes ces anomalies doivent trouver leur solution et leur explication dans le problème si compliqué de la transformation de nos impressions en perceptions dans la vision binoculaire.

Il a encore été reconnu que la myopie, — laquelle constitue, il est vrai, une condition pathologique de l'œil, — amène sous le rapport des lois dont nous traitons, comme sous beaucoup d'autres rapports, de petites déviations, qui méritent toute notre attention, surtout au point de vue de l'accommodation des organes à l'usage que les nécessités leur imposent.

Pour finir, encore un mot sur l'étude des mouvements de l'œil en cas de troubles paralytiques des muscles. Nous mettons ici le pied sur un terrain où l'esprit créateur de M. Albert de Graefe [1]) s'est exercé de préférence et où il a laissé peu de chose à faire à ses successeurs. Des anomalies du mouvement et de la position des images doubles, observées rigoureusement et analysées avec sagacité, M. de Graefe a su déduire le diagnostic, — déterminer avec précision la nature et le degré de chaque trouble. Dans les cas ordinaires, ces méthodes d'examen atteignent parfaitement leur but. Mais il y a deux circonstances où elles nous laissent plus ou moins en défaut. L'une se présente quand les phénomènes paralytiques affectent les deux yeux à la fois, ce qui n'est pas extrêmement rare; l'autre, quand un seul œil a conservé sa faculté visuelle. Dans le dernier cas, la comparaison d'images doubles nous échappe d'elle-même; dans le premier, la complication des phénomènes en rend l'analyse difficile, sinon impossible. Or, dans ces cas, je crois pouvoir recommander

M. Javal, se fondant sur l'observation d'une légère torsion, a cru devoir ressusciter la théorie de Hueck; je dois lui rappeler que, d'après cette théorie, les méridiens verticaux conserveraient invariablement leur direction jusqu'à une inclinaison de 25° à 28°, la torsion donnant lieu à une compensation parfaite; je l'engagerai, en outre, à vouloir bien se donner la peine de répéter les expériences qui, il y a nombre d'années déjà, ont amené la chute de cette théorie (*Holländische Beiträge*, 1846, p. 105 et suiv., et surtout p. 334).

[1]) Voir ses mémoires classiques dans l'*Archiv für Ophthalmologie*, et sa *Symptomenlehre der Augenmuskellähmungen*, Berlin, 1867.

l'étude des images consécutives, étude qui, du reste, n'est jamais à négliger. C'est particulièrement l'expérience décrite ci-dessus (p. 59), par laquelle M. Helmholtz a démontré la loi de Listing, qui mérite d'être prise ici en considération. Si, dans la position normale de la tête, l'image consécutive ne suit pas exactement le ruban tendu, la loi de Listing n'est pas satisfaite : il y a *mouvement de roue*, et le côté vers lequel l'image dévie indique immédiatement le *sens* de ce mouvement. On peut répéter l'expérience pour toutes les directions du ruban, et projeter les images consécutives tant vers le bas que vers le haut, en suivant les directions marquées par des lignes noires. On obtient ainsi une série d'indications qui, combinées avec les désordres que peuvent manifester les mouvements, suffisent amplement à établir le diagnostic.

Il est vrai qu'en cas de paralysie musculaire bilatérale ou de cécité du second œil, les moyens nous manquent de donner à la tête exactement la position qu'exige l'examen des images consécutives. Mais je me suis assuré que la petite erreur qui peut en résulter ne fait aucun tort sensible à la valeur des indications fournies, d'autant moins, que la conclusion ne se déduit pas de la déviation relative à une seule direction du ruban, mais de la comparaison des différentes déviations, suivant différentes directions, qui sont nécessairement liées à l'existence des troubles paralytiques.

Pl. II.

